利用有益微生物及袋式堆積法製作稻殼雞糞堆肥之研究

蔡宜峰[1,2] 陳俊位[3]

摘要

本研究探討利用有益微生物及袋式堆積法製作稻殼雞糞堆肥之相關技術，以作為日後相關農業副產物再生資源化的支援技術。試驗包括(A)不加菌、無覆蓋；(B)不加菌、覆蓋不織布；(C)接種木黴菌(*Trichoderma* sp.)分離菌株(TCT111) 及芽孢桿菌(*Bacillus* sp.)分離菌株(TCB10007)、無覆蓋；(D)接種木黴菌(*Trichoderma* sp.)分離菌株(TCT111)及枯草桿菌(*Bacillus* sp.)分離菌株(TCB10007) 、覆蓋不織布等四種處理，堆肥材料為稻殼雞糞，每一試驗處理約 1,150 kg。由試驗結果顯示，有接種 TCT111 及 TCB10007 等處理 C 及 D 的堆肥溫度可以在堆積第 2 日達到 60℃，且在堆積第 2~12 日期間堆肥溫度均可維持 60℃以上，處理 A 及 B 的堆肥溫度則在堆積第 5~10 日期間堆肥溫度維持在 60℃以上，在堆積第 21 日各處理堆肥溫度均降低至 50℃以下。堆積第 30 日稻殼雞糞堆肥之 pH 值、EC 值、有機質、氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅及鋅等含量在不同處理間差異不顯著，其中 EC 值、有機質及氮含量較堆積前呈現減少，pH 值、磷、鉀、鈣、鎂、銅及鋅等含量則呈現增加。此時 A、B、C、D 各處理堆肥的碳氮比分別為 16.0、15.8、14.5 及 15.1。經利用堆肥水萃取液(堆肥與水體積比 1：10)進行分析，各試驗處理之萵苣及小白菜種子發芽率分別約為 83.3~95.0%及 81.7~100%。顯然經堆積第 30 日，上述處理之稻殼雞糞堆肥的分解醱酵已達到穩定階段。

關鍵詞：稻殼雞糞、木黴菌、枯草桿菌、堆肥化。

前言

所謂堆肥化作用即利用廣泛分佈於自然界之微生物，在控制的條件下，將廢棄物中不穩定的有機組成分加以分解，轉換為安定的腐植質成分，即腐熟的堆肥[12, 14]。有機材料在適當的條件下堆積醱酵，可以縮短有機物分解的時間，而生產出物理性狀均一，化學成分穩定的高品質堆肥[5, 9]。堆肥化前有機物基質中應含有適當的營養要素成分，並需將堆肥化前有機物基質中各種營養要素成分調整至較適宜比例範圍內，以利於微生物進行堆肥化作用[13, 15]。不同的堆積材料如能接種適當的微生物菌種，將可以加速堆肥分解醱酵[6, 7]。其次在堆肥化過程

---

1. 通訊作者。

2. 行政院農委會臺中區農業改良場埔里分場研究員兼分場長。

3. 行政院農委會臺中區農業改良場副研究員。

的堆積材料環境中，維持微生物最適宜之生長條件，使微生物充分的活動與繁殖，將能夠加強堆肥材料的醱酵腐熟[20]。施用未經腐熟的有機物，容易造成土壤過度還原性及釋出毒性物質等問題。如能經過適當的堆肥化處理，製成高品質有機質肥料，如此不僅可以提升農田地力，且減少有機廢棄物對環境之衝擊[3, 5, 11]。微生物在堆肥化過程中，擔任有機物分解與堆肥穩定化之重要角色[20]。人工接種腐熟菌群(含芽孢桿菌、放線菌、酵母菌等)增加了牛糞堆肥中微生物總體數量，豐富了微生物種群多樣性，促進了堆肥菌群演替，堆肥腐熟時間縮短，同時能夠減少堆肥過程中氮素損失[4]。雞糞堆肥經過接種微生物菌劑，可以明顯提高堆肥初期的醱酵溫度，加快堆肥物料的水分揮發，改變雞糞中的微生物數量，縮短堆肥醱酵週期，促進堆肥快速腐熟[2]。有鑑於目前臺灣地區多數農友仍然習慣性施用未經腐熟的禽畜糞等，易造成農田土壤特性與環境不良等困擾。因此，有必要研發建立一套成本低廉、操作方法簡易且快速的堆積腐熟技術，讓農友能夠輕易在農田周邊製作禽畜糞堆肥，並廣為接受與應用。本研究擬探討利用有益微生物及袋式堆積法加速禽畜糞堆肥腐熟之效益，研發建立簡易之標準製程方法，以供相關堆肥業者及農友應用之參考。

試驗材料與方法

試驗項目與方法

本試驗於臺中區農業改良場埔里分場之露天式堆肥場進行，堆肥試驗之主要材料為稻殼雞糞(約 30~35 kg/包)，包裝袋為一般肥料及飼料慣用編織袋，並利用本場微生物實驗室由中部地區有機農場土壤及自製堆肥中篩選及純化獲得之有益微生物，包括木黴菌分離菌株 TCT111 (*Trichoderma* sp.)及芽孢桿菌分離菌株 TCB10007(*Bacillus* sp.)等，組合成四級處理(表 1)。其中處理 A 不加菌、無覆蓋，於稻殼雞糞加水至約 50%水分含量(重量比)；處理 B 不加菌、覆蓋不織布(黑色聚酯纖維、厚度 1.0mm），於稻殼雞糞加水至約 50%水分含量(重量比)；處理 C 為稻殼雞糞加有益菌懸液及水至約 50%水分含量(重量比)、無覆蓋；處理 D 為稻殼雞糞加有益菌懸液及水至約 50%水分含量(重量比)、覆蓋不織布。上述每一處理堆疊成 6 包×6 層=36 包稻殼雞糞(約 1,150 kg)，堆積體約長 265 cm×寬 95 cm×高 150 cm，試驗期間適逢下雨時另於堆積體上方表層加覆蓋防雨塑膠布。處理 C 及 D 先取適量有益微生物菌種(10^9 cfu/g)，加水稀釋 200 倍成有益菌懸液，再於每包材料中添加入 10 公升有益菌懸液，再加水調整每包材料水分含量至 50%。處理 A 及 B 於每包材料中灌注與處理 C 及 D 等量水並調整水分含量至 50%，隨後立即進行堆積製作。試驗期間堆肥溫度測量及採樣位置，以堆積體長方形分成東南西北四方位，每一方位再分成高、中、低三點，計 12 點，分別以不鏽鋼製溫度計量測溫度(12 重覆)，以及利用不鏽鋼採土器採取堆肥樣品，採樣及測量點於堆肥表面深入約 20~50 cm 之間。在堆肥製作期間，除了定期測量溫度，並分別於製作堆積前及堆積第 30 日採取堆肥材料樣品(東南西北方位 4 重覆)，進行 pH 值、EC 值、有機質、氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅及鋅等主要化學特性分析。另以堆肥：水為 1 : 10 (體積比)攪拌混合後，於室溫下浸置

24 小時，取上澄液進行萵苣(*Lactuca sativa* L.)及小白菜(*Brassica chinensis* L.)種子發芽率分析[1]。

化學分析項目及方法

有機材料與堆肥樣品採樣後，經 70℃烘乾及磨粉，再以濕灰法(硫酸)分解後測定氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅及鋅含量，其中以微量擴散法測定全氮量[10]，利用鉬黃法呈色及分光光度計(於 420 nm 下)比色法測定全磷量[19]，利用燄光分析儀測定全鉀量[16]，利用原子吸收分析儀測定鈣、鎂、鋅及銅含量[17]。有機質含量採用 Walkley-Black 法測定[18]，pH、EC 值以水：有機材料(堆肥)＝10:1(v/v)萃取後，利用酸鹼度計及導電度計測定。

結果與討論

溫度是反應堆積材料中某一層次之微生物活動情形，當堆肥化過程進行正常時，初期溫度逐漸升高達 60℃以上，然後逐漸下降至周圍溫度[20]。溫度之升與降，反映出不同有機物之分解階段，爾後隨堆肥逐漸腐熟，溫度呈現下降乃至恒溫[7, 14]。由堆積試驗期間堆肥溫度調查結果顯示(圖 1)，有接種 TCT111 及 TCB10007 等處理 C 及 D 的堆肥最高溫度可以在堆積第 2 日達到 60℃，且在堆積第 2-12 日期間，堆肥溫度均可維持 60℃以上，在堆積第 21 日堆肥溫度可以降低至 50℃以下。處理 A 及 B 的堆肥最高溫度則在堆積第 5 日達到 60℃，在堆積第 5~10 日期間堆肥溫度維持在 60℃以上。在堆積第 21 日各處理堆肥溫度可以降低至 50℃以下，而趨近於穩定階段。

綜合圖 1 結果顯示，未接菌之 A 及 B 處理的堆肥最高溫度在堆積第 5 日以上才能達到 60℃以上，而相對於使用相同材料配方且有接種分離菌株 TCT111 及 TCB10007 等複合菌株之 C 及 D 處理的堆肥最高溫度在堆積第 2 日內已達到 60℃以上。且由本試驗製作堆積第 1~20 日期間，接種複合菌株之 C 及 D 處理堆肥最高溫度高於未接菌之 A 及 B 處理。顯然接種分離菌株 TCT111 及 TCB10007 等複合菌株處理對稻殼雞糞堆肥製作堆積初期具有快速增溫，且最高溫維持在 60℃以上期間較長，有利於稻殼雞糞的分解醱酵。而有無覆蓋不織布處理間，包括處理 A 及 B；或處理 C 及 D，相對比較則無明顯的差異。由於本研究目的是開發建立一套成本低廉、操作方法簡易且快速的堆積方法，以期取代目前多數農友仍慣用生鮮未發酵禽畜糞的習性，由上述結果初步顯示，利用袋式堆積法及接種分離菌株 TCT111 及 TCB10007 處理，在堆積第 2~12 日期間，堆肥最高溫度可維持 60℃以上，顯然已經達到促進稻殼雞糞分解醱酵的目標。

堆肥製作堆積過程中，主要是利用微生物將有機材料加以分解醱酵，當微生物進行分解作用時，需要碳當作生活能源，同時也需氮維持生命及建造體細胞[12, 20]。基本上，堆肥腐熟度尚無法由單一指標予以判斷，經由檢測堆肥化過程中堆肥材料碳氮比(C/N)的變化與穩定趨勢，可視為判斷堆肥腐熟指標之一[7, 14]。由本研究稻殼雞糞堆肥在製作堆積過程中堆肥材料 C/N 之變化結果顯示(圖 2)，有接種分離菌株 TCT111 及 TCB10007 等複合菌株處理 C 及 D 的堆肥材料 C/N 在製作堆積第 30 日內分別為 14.5 及 15.1，未接菌處理 A 及 B 的堆肥材料

C/N 在製作堆積第 30 日分別約為 16.0 及 15.8，顯然有接種分離菌株 TCT111 及 TCB10007 等處理的堆肥 C/N 較低於未接菌處理者，顯示有接菌的 C 及 D 處理具有較快的分解效率，使堆肥 C/N 可以較快降低而趨近於穩定階段。另無論有無接菌處理，比較有無覆蓋不織布處理(A 及 B 或 C 及 D)間堆肥材料 C/N 則無一致效應且差異不大，顯然有無覆蓋不織布處理對堆肥材料 C/N 幾無影響。本研究稻殼雞糞 C/N 由堆積試驗前 16.8 逐漸降至堆積第 30 日之 14.5~16.0，且處理堆肥 C/N 之變化已有趨緩情形，顯示本研究各處理稻殼雞糞堆肥的分解醱酵在堆積第 20~30 日已漸趨近穩定階段。研究指出當堆肥材料在堆積過程經由微生物進行醱酵分解時，有機材料中之碳氮比會逐漸降低至穩定，此時堆肥也接近腐熟階段[12]。

當堆肥材料在堆積分解過程進行時，有機材料的碳水化合物、纖維素及部份木質素等有機組成分，會被微生物逐漸分解生成二氧化碳及水，致使堆肥材料的有機碳量及乾物量減少[12, 15]，另外堆肥體部分區域會呈現還原態及 pH 值升高，前者易使硝酸態氮還原產生脫氮作用，後者易造成銨態氮轉化成氨氣而揮失[14]。亦有研究指出，碳氮比較高的有機材料，可在堆肥製作前添加適量的尿素或磷酸等化學肥料資材，在堆肥化過程中，亦會經由微生物作用且轉化成有機型態，而增加腐熟堆肥的肥料成分含量[8]。由本研究製作堆積第 0 及 30 日稻殼雞糞堆肥之主要化學特性分析結果顯示(表 2)，在堆積第 30 日 4 種處理稻殼雞糞堆肥 pH 值、EC 值、有機質、氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅及鋅等成分含量在不同處理間差異不顯著。由表 2 亦顯示，稻殼雞糞之主要化學特性經過堆積 30 日後，其中 EC 值、有機質及氮含量呈現減少，pH 值、磷、鉀、鈣、鎂、銅及鋅等含量呈現增加。一般堆肥化過程中，堆肥材料中碳及氮將因分解生成二氧化碳及氨而揮失，磷、鉀、鈣及鎂等成分在理論上僅有型態之轉化而不易損失，少數可能損失的途徑是經由肥水流失[8]。本研究採用袋式堆積法，堆積體上方表層逢下雨時另加覆蓋防雨塑膠布，顯然有減少肥料成分流失情形之功能。

利用檢測蔬菜種子發芽率，亦可做為判斷堆肥腐熟指標之一[1]。由本研究製作堆積第 30 日稻殼雞糞堆肥之水萃取液(堆肥與水體積比 1：10)進行萵苣及小白菜種子發芽率分析結果顯示(表 3)，播種後第 9 日萵苣幼苗存活率在不同處理間差異不顯著，各處理均可達到 90%以上。播種後第 9 日小白菜幼苗存活率在不同處理間互有差異，其中以 C 處理較高，在播種後第 9 日之小白菜幼苗存活率均可達到 95%以上；其次分別為 D 處理約 93.3-96.7%及 B 處理約 90.0-93.3%；以 A 處理約 81.7-86.7%較低，顯示有接種分離菌株 TCT111 及 TCB10007 等複合菌株處理 C 及 D 的小白菜幼苗存活率較高於未接菌的 A 及 B 處理。

綜合本研究結果，A、B、C、D 各處理在製作堆積第 30 日之萵苣及小白菜種子發芽率均可達到 80%以上；且由圖 1 及圖 2 結果顯示本研究 A、B、C、D 各處理在堆積第 30 日，稻殼雞糞堆肥溫度已降低至 50℃以下，堆肥材料的碳氮比已降至 14.5~16.0，顯然各處理之稻殼雞糞堆肥的分解醱酵已經達到穩定階段。另有接種分離菌株 TCT111 及 TCB10007 等處理 C 及 D 的堆肥最高溫度可以在堆積第 2 日達到 60℃，堆肥材料 C/N 在製作堆積第 30 日內分別降為 14.5 及 15.1，而未接菌處理 A 及 B 的堆肥材料 C/N 在製作堆積第 30 日分別約為 16.0 及 15.8，處理 C 及 D 的小白菜幼苗存活率較高於未接菌的 A 及 B 處理，顯示接種分離菌株 TCT111 及 TCB10007 處理具有增進稻殼雞糞分解醱酵的功效。因此，利用袋式堆積法及接種分離菌株 TCT111 及 TCB10007 處理，將可推廣供農友自行堆積製作稻殼雞糞堆肥之應用

參考，以期取代目前施用生鮮未醱酵禽畜糞之慣行法。

參考文獻

1.今野一男、平井義孝、東田修司 1988 バーク堆肥の腐熟度指標煙地への施用法 日本土壤肥料學雜誌 59: 621-625。

2.周可、謝鳳行、李亞玲、張峰峰 2009 不同微生物菌劑處理對雞糞堆肥發酵的影響 天津農業科學 15(3):10-13。

3.莊作權、張宇旭、陳鴻基 1993 有機質肥料養分供應能力之評估 中華生質能源學會會誌 3-4:132-146。

4.徐大勇、黃為一 2007 人工接種堆肥和自然堆肥微生物區系變化的比較 安徽農業科學 35(23):7219-7220。

5.黃山內 1991 豬糞堆肥在作物生產之利用 p.1-18 豬糞處理、堆肥製造使用及管理研討會論文專輯 台灣省畜產試驗所編印。

6.蔡宜峰、陳俊位 2012 農業廢棄物資源化微生物之研究 農業生技產業季刊 32:52-59。

7.蔡宜峯 陳俊位 陳榮五 2009 落葉廢棄物製作堆肥技術之研究 台中區農業改良場研究彙報 103:53-62。

8.蔡宜峰、莊作權、黃裕銘 1994 堆肥化因子對堆肥營養要素成分含量之影響 p.131-148 堆肥技術及其利用研討會論文集 中華生質能源學會編印。

9.嚴式清 1989 畜牧廢棄物在有機農業之利用 p.245-249 有機農業研討會專集 台中區農業改良場特刊16號。

10.Bremner. J. M., and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. p.595-624. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Academic Press, Inc., New York.

11.Carpenter B. L., A. C. Kennedy and J. P. Reganold. 2000. Organic and biodynamic management: Effects on soil biology. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:1651-1659.

12.Harada, Y. 1990. Composting and application of animal wastes. ASPAC/FFTC Extension Bulletin No.311:19-31.

13.Hendrix, P. F., D. C. Coleman and D. A. Crossley, Jr. 1992. Using knowledge of soil nutrient cycling processes to design sustainable agriculture. Integrating Sustainable Agriculture, Ecology, and Environmental Policy 2:63-82.

14.Inoko, A. 1982. The composting of organic materials and associated maturity problems. ASPAC/FFTC Technical Bulletin No.71:1-20.

15.Irshad, M., A. E. Eneji, Z. Hussain and M. Ashraf. 2013. Chemical characterization of fresh and composted livestock manures. J. Soil Sci. and Plant Nutri. 13(1): 115-121.

16.Kundsen. D., and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p.225-246. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Academic Press, Inc., New York.

17.Lanyon, L. E., and W. R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium, and barium. p.247-262. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Academic Press, Inc., New York.

18.Nelson, D. W., and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.539-579. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2.

Academic Press, Inc., New York.
19.Olsen. S. R., and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p.403-430. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Academic Press, Inc., New York.
20.Singh, Y. P. and C. P. Singh. 1986. Effect of different carbonaceous compound on the transformation of soil nutrients. Ⅰ.Immobilization and mineralization of applied nitrogen. Biol. Agric. Horti. 4:19-26.

表 1.堆肥試驗處理與材料配方(乾重)
Table 1.Treatments and raw materials in composting experiment (dry weight basis)

Treatment	Treated material		
	Rice hull-chicken manure	TCT111 (*Trichoderma* sp.)+ TCB10007(*Bacillus* sp.) [1]	Covered with nonwoven fabric[2]
A	1,150kg	0	No
B	1,150kg	0	Yes
C	1,150kg	360 L	No
D	1,150kg	360 L	Yes

1. 1 kg microorganism (>10^9 CFU/g) diluted with 200 liters water.
2. Polyester, thickness 1.0 mm.

表 2.試驗堆積第 0 及 30 日稻殼雞糞堆肥之主要化學特性分析
Table 2. The main chemical characteristics of rice hull- chicken manure composts at day 0 and 30 after piling

Treat-ment[1]	pH (1:10)	EC (1:10)	OM	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
		(dSm^{-1})	(gkg^{-1})	(gkg^{-1})	(gkg^{-1})	(gkg^{-1})	(gkg^{-1})	(gkg^{-1})	($mgkg^{-1}$)	($mgkg^{-1}$)
Day 0	7.04	4.49	706	24.6	12.9	19.9	22.8	4.04	53.7	269
Day 30										
A	7.38a[2]	4.29a	644a	23.2a	13.5a	20.4a	28.7a	4.80a	57.1a	302a
B	7.28a	4.21a	647a	23.8a	13.7a	19.0a	27.3a	4.32a	54.6a	300a
C	7.29a	4.33a	636a	25.6a	14.4a	20.8a	29.0a	4.71a	56.6a	318a
D	7.30a	4.20a	632a	24.7a	13.8a	19.2a	26.2a	4.18a	55.9a	304a

1. See table 1.
2. Values followed by the same letter within a column are not significantly different at p<0.05 level based on Duncan’s Multiple Range Test.

表 3.試驗堆積第 30 日稻殼雞糞堆肥水萃取液(堆肥與水體積比 1：10)進行萵苣及小白菜種子發芽率分析

Table 3. The germination test of *Lactuca sativa* L. and *Brassica chinensis* L. by using the water extracted solution from rice hull- chicken manure at day 0 and 30 after piling (compost /water with 1/10 by volume ratio)

Treatment[1]	*Lactuca sativa* L.		*Brassica chinensis* L.	
	Germination rate[2]	Index	Germination rate[2]	Index
	(%)	(%)	(%)	(%)
Day 0	46.6	-	10.8	-
Day 30				
A	91.7a[3]	100.0	86.7b	100.0
B	95.0a	103.6	93.3ab	107.6
C	93.3a	101.7	100.0a	115.3
D	93.3a	101.7	93.3ab	107.6

1. See table 1.

2. Day 9 after seeded.

3. Values followed by the same letter within a column are not significantly different at p<0.05 level based on Duncan's Multiple Range Test.

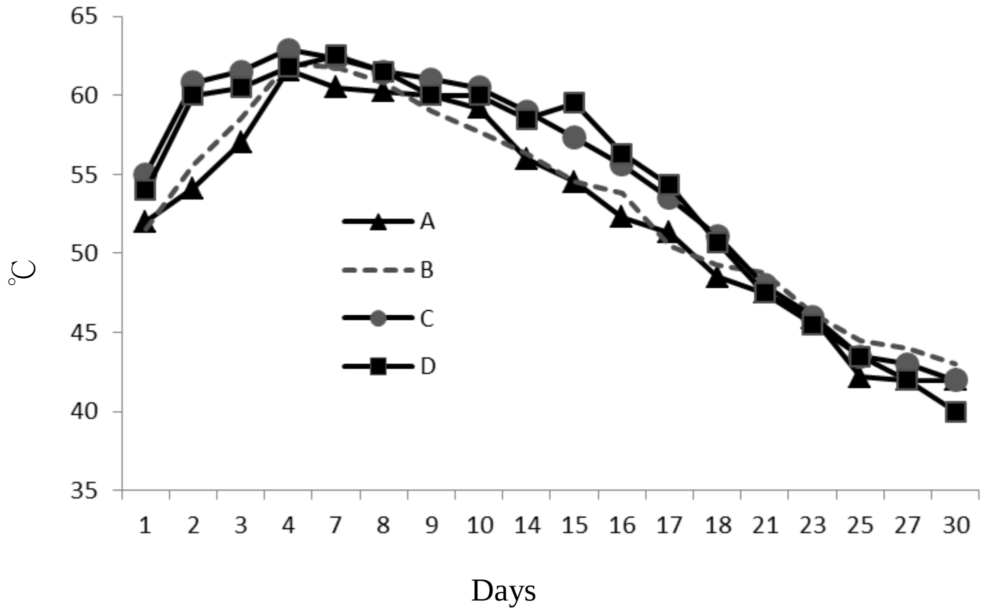

圖 1.稻殼雞糞堆肥製作期間之溫度變化

Fig 1.The temperature variation of rice hull- chicken manure composts during composting process

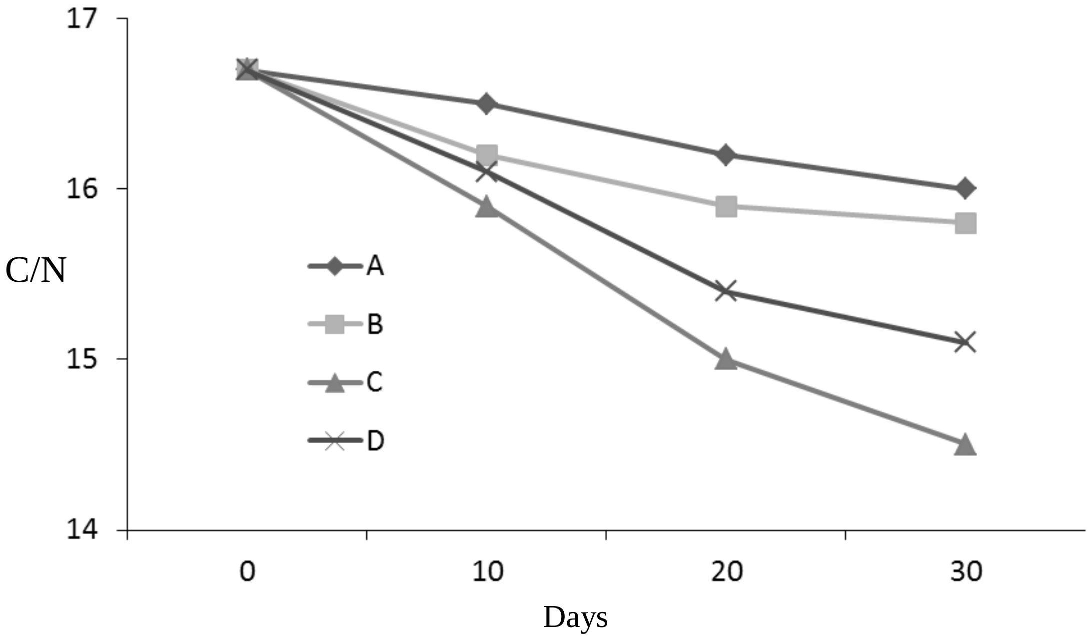

圖 2.稻殼雞糞堆肥製作期間之堆肥 C/N 變化

Fig 2. The C/N ratio variation of rice hull- chicken manure composts during composting process

Research on the Production of Rice Hull- Chicken Manure Compost by Utilizing Beneficial Microorganisms and Bag Stacking

Abstract

The objective of this research is to develop an efficient way in the production of livestock manure compost. Experiment is conducted with A) no inoculation and no cover, B) no inoculation and covered with nonwoven fabric, C) inoculated isolates TCT111(*Trichoderma* sp.), TCB10007(*Bacillus* sp.) and no cover, D) inoculated isolates TCT111, TCB10007 and covered with nonwoven fabric. The main raw material is rice hull- chicken manure and the weight is 1,150 kg in each treatment. The results indicated that the temperature of composts which received C and D treatment could rise to 60℃ at day 2-12 after composting, A and B treatment could rise to 60℃ at day 5-10. And then, the temperature of all treatment would lower to 50℃ at day 21. There was no significant difference in pH, EC, the contents of OM, N, P, K, Ca, Mg, Cu and Zn of rice hull- chicken manure composts given different treatments at day 30 after composting. Among them, the EC, contents of OM and N were decreasing and the pH, contents of P, K, Ca, Mg, Cu and Zn were increasing during composting. At the same time, the C/N ratios of those rice hull- chicken manure composts with A, B, C and D treatment with 16.0, 15.8, 14.5 and 15.1, respectively. The germination rates of the *Lactuca sativa* L. and *Brassica chinensis* L. were measured 83.3-95.0% and 81.7-100%, respectively, by using water solution extracted from those rice hull- chicken manure composts (compost /water with 1:10 by volume ratio). The results showed that those rice hull- chicken manure composts were closed to stable at day 30 in the composting process.

Key words: rice hull- chicken manure, *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., composting

---

1. Researcher (Branch Chief), Puli Branch, Taichung DARES, COA.

2. Assistant Researcher and Associate Researcher of Taichung DARES, COA.